

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-085244

(43)Date of publication of application : 30.03.1999

(51)Int.Cl.

G05B 19/4155

G05B 13/02

G06F 15/18

(21)Application number : 09-243141

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 08.09.1997

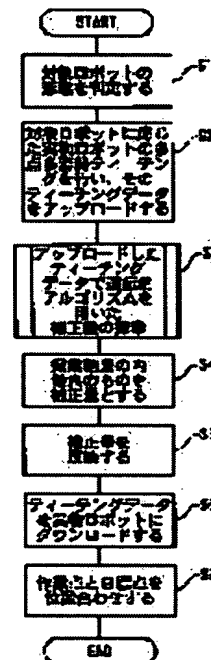
(72)Inventor : KANEKO MASAKATSU
AOKI SHINJI

(54) OFFLINE TEACHING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To drastically reduce manhours of correction operation on site by reducing dislocation at the time of downloading offline teaching data to a real robot.

SOLUTION: A configuration of a real robot is judged (S1). For example, a configuration of a tool tip or the number of articulations of the robot is judged. Next, an offline teaching device 14 performs multi-point multi-posture teaching (S2). For example, three postures of a logic robot model are taught to an arbitrary fixed point. Next, a search processing of a correction amount by a genetic algorithm is performed (S3). Next, out of the chromosomes searched, the best chromosome is made the correction amount (S4). Then, the correction amount is reflected upon a variety of parameters of the teaching data or a robot controller.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's
decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3626331

[Date of registration] 10.12.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 8 5 2 4 4

(43) 公開日 平成11年(1999)3月30日

(51) Int. Cl.⁶
G 0 5 B 19/4155
13/02
G 0 6 F 15/18 5 5 0

F I
G 0 5 B 19/403 V
13/02 Z
G 0 6 F 15/18 5 5 0 C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-243141
(22) 出願日 平成9年(1997)9月8日

(71) 出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号
(72) 発明者 金子 正勝
埼玉県狭山市新狭山1-10-1 ホンダエン
지니어リング株式会社内
(72) 発明者 青木 伸二
埼玉県狭山市新狭山1-10-1 ホンダエン
지니어リング株式会社内
(74) 代理人 弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

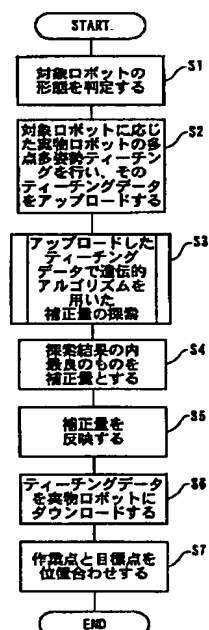
(54) 【発明の名称】 オフラインティーチング方法

(57) 【要約】

【課題】 オフラインティーチングデータを実物ロボットにダウンロードした際に、位置ずれを小さくすることができようにして、現場での修正の作業工数を大幅に削減させる。

【解決手段】 ステップ S 1 において、実物ロボットの形態を判定する。例えば、ツール先端の形態やロボットの関節数などが判定される。次に、ステップ S 2 において、オフラインティーチング装置 1 4 で多点多姿勢のティーチングを行う。例えば論理ロボットモデルを任意の固定点に 3 姿勢を教示する。次に、ステップ S 3 において、遺伝的アルゴリズムによる補正量の探索処理を行う。ステップ S 4 において、前記探索された染色体のうち、最良の染色体を補正量とする。次に、ステップ S 5 において、前記補正量をティーチングデータやロボットコントローラの各種パラメータに反映させる。

FIG. 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】オフラインティーチング装置における設計値に基づいた論理ロボットモデルと現場に設置された実物ロボットの動作上の違いを補正量として求める補正量推定ステップと、

前記補正量推定ステップで求めた補正量を少なくともティーチングデータに反映させる修正ステップとを含み、前記補正量推定ステップは、前記補正量を遺伝的アルゴリズムを適用した探索によって求めることを特徴とするオフラインティーチング方法。

【請求項 2】請求項 1 記載のオフラインティーチング方法において、

前記補正量推定ステップは、染色体の集団を初期化する第 1 のステップと、

集団の各染色体を評価する第 2 のステップと、

現在の染色体を交配して新たな染色体を生成する第 3 のステップと、

新たな染色体の入る場所を空けるために集団の一部を削除する第 4 のステップと、

新たな染色体を評価し、集団に挿入する第 5 のステップと、

最新世代の最良染色体の評価値が所定の条件を満たすか否かを判別し、肯定判別の場合に前記最良染色体を補正値とし、否定判別の場合に第 3 のステップ以降の処理を行わせる第 6 のステップとを含むことを特徴とするオフラインティーチング方法。

【請求項 3】請求項 1 又は 2 記載のオフラインティーチング方法において、

前記修正ステップは、前記補正量推定ステップで得た補正量をティーチングデータ、ロボットコントローラのパラメータに反映して補正することを特徴とするオフラインティーチング方法。

【請求項 4】請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のオフラインティーチング方法において、

前記補正量推定ステップは、前記遺伝的アルゴリズムによる補正量の探索に加えて、他の探索法や解析法と併用して行われることを特徴とするオフラインティーチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、オフラインティーチング装置において、設計値に基づいた論理ロボットモデルと現場に設置された実物ロボットとの動作上の違いを補正量として求め、これをティーチングデータ等に反映させるためのオフラインティーチング方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】近時、ロボットを各種作業に適用させるために、ロボットアームのフェースプレートに種々のツールを取り付けてロボットに作業を行わせることが一般的となっている。

【0 0 0 3】そして、従来では、ロボットに対する教示技術やその教示データに対して種々の補正を行う技術が多数提案されている。例えば、ロボットに対する教示技術に関するものとしては、教示のための情報を入力する際に、使用するロボット作業に必要な情報を使用者の要求に対してできるだけ正確に、かつ、使用者の負担をできるだけ軽減するようにした方法が提案されている（特開平 5 - 2 7 8 2 8 号公報参照）。

【0 0 0 4】また、教示データの補正技術に関するものとしては、作業現場から離れた場所でも簡単にプレイバック時と同一の動作条件下で教示点の修正及び教示軌跡の補正が実行でき、教示の修正作業に対する作業者の負担を軽減するようにした方法（特開平 8 - 2 8 6 7 2 6 号公報参照）や、全ての打点位置に対して位置ずれを高精度にかつ自動的に補正できるようにした方法（特開平 7 - 3 2 5 6 1 1 号公報参照）や、ニューラルネットワークを用いてロボットの位置補正を行う方法（特開平 6 - 1 1 4 7 6 9 号公報参照）や、修正した教示データに動作範囲異常が発生したとき、ロボット動作の変換データを修正する際に、オペレータが感覚的に分かりやすい修正作業を行うことができるようにした方法（特開平 5 - 2 8 9 7 3 0 号公報参照）や、直交座標上の計測をなくしてアーム軸回転角のみでアーム型多関節ロボットの絶対位置精度を確保するために、未知変数配列及び定数配列の諸元を修正バウエル法の繰り返し論理演算を適用し、更なる精度の向上と演算速度の上昇を図るようにした方法（特開平 6 - 2 7 4 2 1 3 号公報参照）や、多関節形ロボットの手首にツールを取り付けたロボットの設定データである定数の設定誤差及びツールオフセットの設定誤差を自動的に補正する方法（特許第 2 5 2 0 3 2 4 号参照）等が提案されている。

【0 0 0 5】また、ツール先端点設定に関するものとしては、設計データが入手できない場合であっても、簡単な設定用治具を利用することによって簡単な手順で希望する姿勢でツール先端点を設定できるようにした方法（特開平 7 - 1 9 1 7 3 8 号公報参照）が提案され、CAD データを利用したものとしては、オペレータが初期設定データ、作業経路データ、作業動作データを逐一入力することが不要になり、オペレータの入力量を大幅に減少させるようにした方法（特開平 8 - 2 8 6 7 2 2 号公報参照）が提案され、軌跡表示に関するものとしては、ワークを作業位置から待避させた場合において、動作中の実際のツールの位置とワークとの相対的な位置関係を容易、かつ正確に認識できるようにした方法（特開平 8 - 1 7 4 4 5 4 号公報参照）が提案されている。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来例のオフラインティーチングに関する技術においては、実物ロボットの形態毎にずれ量をモデル化（定式化）し、解析的に求めていた。そのため、1 形態に対し

て 1 つのモデルが必要になり、モデル化の作業が複雑で手間（工数）がかかるという問題がある。また、実物ロボットの複雑な挙動を十分に反映したモデルを作ることが困難になることがあり、この場合、良好な推定結果が得られず、位置ずれを小さくすることができないという問題がある。

【0007】本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、ロボットの形態毎に複雑な方程式を立てなくても補正量を求めることができ、工数の削減化を図ることができるオフラインティーチング方法を提供することを目的とする。

【0008】また、本発明の他の目的は、オフラインティーチングデータを実物ロボットにダウンロードした際に、位置ずれを小さくすることができ、現場での修正の作業工数を大幅に削減させることができるオフラインティーチング方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係るオフラインティーチング方法は、オフラインティーチング装置における設計値に基づいた論理ロボットモデルと現場に設置された実物ロボットの動作上の違いを補正量として求める補正量推定ステップと、前記補正量推定ステップで求めた補正量を少なくともティーチングデータに反映させる修正ステップとを含み、前記補正量推定ステップは、前記補正量を遺伝的アルゴリズムを適用した探索によって求めることを特徴とする。

【0010】この場合、前記補正量推定ステップとしては、染色体の集団を初期化する第 1 のステップと、集団の各染色体を評価する第 2 のステップと、現在の染色体を交配して新たな染色体を生成する第 3 のステップと、新たな染色体の入る場合を空けるために集団の一部を削除する第 4 のステップと、新たな染色体を評価し、集団に挿入する第 5 のステップと、最新世代の最良染色体の評価値が所定の条件を満たすか否かを判別し、肯定判別の場合に前記最良染色体を補正值とし、否定判別の場合に第 3 のステップ以降の処理を行わせる第 6 のステップとを含むようにする。

【0011】また、前記修正ステップとしては、前記補正量推定ステップで得た補正量をティーチングデータ、ロボットコントローラのパラメータに反映して補正するようにする。

【0012】これにより、ロボットの形態毎に複雑な方程式を立てなくても補正量を求めることができ、補正量の推定モデル作成過程の工数の削減化を図ることができる。また、オフラインティーチングデータを実物ロボットにダウンロードした際に、位置ずれを小さくすることができることから、現場での修正の作業工数を大幅に削減させることができる。

【0013】なお、前記補正量推定ステップは、前記遺伝的アルゴリズムによる補正量の探索に加えて、他の探

索法や解析法と併用して行うようにしてもよい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るオフラインティーチング方法を例えば溶接ガンのロボットのオフラインティーチングシステムに適用した実施の形態例（以下、単に実施の形態に係るオフラインティーチングシステムと記す）を図 1 ～ 図 10 を参照しながら説明する。

【0015】本実施の形態に係るオフラインティーチングシステム 10 は、図 1 に示すように、キーボード等のキー入力装置やマウス等のポインティングデバイスなどが接続され、実物ロボット 16 に模した論理ロボットモデルをモニタ 12 の画面上に表示させてオフラインのティーチングを行うオフラインティーチング装置 14 と、実物ロボット 16 を制御するためのロボットコントローラ 18 とを有して構成されている。

【0016】前記オフラインティーチング装置 14 には、フレキシブルディスクドライブ（以下、単に FDD と記す）20 が接続されており、オフラインティーチング装置 14 にて作成されたティーチングデータが FDD 20 を介してフレキシブルディスク 22 に記録され、又はフレキシブルディスク 22 に記録されているティーチングデータ等が FDD 20 を介してオフラインティーチング装置 14 に読み込まれるようになっている。

【0017】同じくロボットコントローラ 18 にも FDD 24 が接続されており、該ロボットコントローラ 18 にて修正付加されたティーチングデータが FDD 24 を介してフレキシブルディスク 22 に記録され、又はフレキシブルディスク 22 に記録されているティーチングデータ等が FDD 24 を介してロボットコントローラ 18 に読み込まれるようになっている。

【0018】また、オフラインティーチング装置 14 は、図 2 に示すように、キーボード等の入力装置 30、マウスやジョイスティック等の座標入力装置 32（ポインティング・デバイス）、ハードディスクドライブ（HDD）34 及び前記 FDD 20 がそれぞれインターフェース（単に I/F と記す）回路 36、38、40 及び 42 を介して接続され、更に、このオフラインティーチング装置 14 には、他のオフラインティーチング装置におけるティーチングデータ等の受渡しに使用される LAN が I/F 回路 44 を介して接続され、LAN を通じて取り込まれたティーチングデータや当該オフラインティーチング装置 14 にて作成したティーチングデータを表示するための前記モニタ 12 とを有する。

【0019】このオフラインティーチング装置 14 は、各種プログラム（ティーチング処理プログラム等）の動作として用いられる動作 RAM 46 と、外部機器（LAN、座標入力装置 32、HDD 34 等）からのデータや各種プログラムによってデータ加工されたデータ等が格納されるデータ RAM 48 と、外部機器に対してデータの入出力を行う入出力ポート 50 と、これら各種

回路を制御するCPU（制御装置及び論理演算装置）52とを有して構成されている。

【0020】前記各種回路は、CPU52から導出されたデータバス54を介して各回路間のデータの受渡しが行われ、更にCPU52から導出されたアドレスバスや制御バス（共に図示せず）を介してそれぞれCPU52にて制御されるように構成されている。

【0021】そして、本実施の形態に係るオフラインティーチングシステム10は、図3に示す手順でロボットモデルの補正のためのティーチングを行う。

【0022】即ち、最初のステップS1において実物ロボット16の形態を判定する。例えば、ツール先端の形態やロボットの関節数などが判定される。

【0023】次に、ステップS2において、対象ロボットに応じた実物ロボット16の多点多姿勢ティーチングを行い、そのティーチングデータをオフラインティーチング装置14にアップロードする。

【0024】このアップロードは、例えば、上述したダウンロードの場合と同様に、ロボットコントローラ18に接続されているFDD24を介して前記修正後のティーチングデータをフレキシブルディスク22に記録し、次に、該フレキシブルディスク22に記録されている前記修正後のティーチングデータをオフラインティーチン*

$$P = f(\theta_1 + \varepsilon_1, \theta_2 + \varepsilon_2, \theta_3 + \varepsilon_3) \quad \dots (1)$$

が成立する。

【0029】ここで、Pはロボットの先端位置、 P_T は目標位置（固定点）、 θ_i は第i関節の角度（検出器による）、 ε_i は第i関節のゼロオフセット誤差、dは位置ずれ量である。

【0030】まず、図6のステップS101において、染色体の集団を初期化する。具体的には、図5に示すように、実物ロボット16を空間内の任意の固定点 P_T に3姿勢を教示する。各姿勢（POS1、POS2及びPOS3）と第i関節（第i軸）の角度との関係を図7に示す。

【0031】そして、前記任意の固定点 P_T に3姿勢を教示することによって、図8に示すように、それぞれ3つの遺伝子を含む例えば5本の染色体g1～g5を生成する。初期の段階では前記5本の染色体g1～g5がランダムに生成される。

【0032】次に、ステップS102において、集団の各染色体g1～g5を評価する。この評価は、まず、第i姿勢に第j染色体を適用して得たロボットの先端位置 P_{ij} を求める。例えば、第1姿勢に第1染色体～第5染色体を適用して得たロボットの先端位置は、

$$P_{11} = f(\theta_{11} + \varepsilon_{11}, \theta_{12} + \varepsilon_{12}, \theta_{13} + \varepsilon_{13})$$

$$P_{12} = f(\theta_{11} + \varepsilon_{21}, \theta_{12} + \varepsilon_{22}, \theta_{13} + \varepsilon_{23})$$

$$P_{13} = f(\theta_{11} + \varepsilon_{31}, \theta_{12} + \varepsilon_{32}, \theta_{13} + \varepsilon_{33})$$

$$P_{14} = f(\theta_{11} + \varepsilon_{41}, \theta_{12} + \varepsilon_{42}, \theta_{13} + \varepsilon_{43})$$

$$P_{15} = f(\theta_{11} + \varepsilon_{51}, \theta_{12} + \varepsilon_{52}, \theta_{13} + \varepsilon_{53})$$

*グ装置14に接続されているFDD20を介して該オフラインティーチング装置14に読み込ませることにより行われる。

【0025】前記の例は、フレキシブルディスク22を用いた例を示したが、その他、MOやCD-R等の光ディスクをアップロードの媒体として用いることもでき、また、オフラインティーチング装置14とロボットコントローラ18とがLANで接続されているのであれば、LANを通じてアップロードさせるようにしてもよい。

10 【0026】次に、ステップS3において、アップロードしたティーチングデータで遺伝的アルゴリズムによる補正量の探索処理を行う。

【0027】具体的に、前記遺伝的アルゴリズムを用いた補正量の探索処理について図4～図10を参照しながら説明する。まず、説明を簡単化するために、図4に示すように、実物のロボット16に対応する論理ロボットモデルの軸数（関節数）を3軸とした場合であって、ツールオフセットは考慮せず、誤差はセンサのゼロオフセット誤差のみとする。ここで、センサは各軸に取り付けられたエンコーダである。

【0028】そして、実物ロボット16のツール先端点（TCP）Pをある任意の固定点 P_T に合わせると、

となる。

【0033】次いで、前記のようにして求められたロボットの先端位置 P_{ij} と目標位置 P_T とのずれ量を求める。評価関数に、各染色体g1～g5を入力したときの返り値（評価値）がずれ量になる。このとき、適応度は、返り値の小さいものほど大きくする。

【0034】そして、適応度vを

$$v = \text{func}(P, P_T)$$

とし、funcを評価関数と定義したとき、本実施の形態では

$$v = \alpha^{-1} = |P - P_T|^{-1}$$

とした。

【0035】従って、第i姿勢に第j染色体を適用して得た適応度 v_{ij} は、

$$v_{ij} = \text{func}(P_{ij}, P_T)$$

$$40 = |P_{ij} - P_T|^{-1}$$

となる。

【0036】例えば、第1姿勢に第1染色体～第5染色体を適用して得た適応度は、

$$v_{11} = \text{func}(P_{11}, P_T) = |P_{11} - P_T|^{-1}$$

$$v_{12} = \text{func}(P_{12}, P_T) = |P_{12} - P_T|^{-1}$$

$$v_{13} = \text{func}(P_{13}, P_T) = |P_{13} - P_T|^{-1}$$

$$v_{14} = \text{func}(P_{14}, P_T) = |P_{14} - P_T|^{-1}$$

$$v_{15} = \text{func}(P_{15}, P_T) = |P_{15} - P_T|^{-1}$$

となる。

50 【0037】同様に、第2姿勢に第1染色体～第5

染色体を適用して得たロボットの先端位置 $P_{21} \sim P_{25}$ 、第3姿勢に第1染色体～第5染色体を適用して得たロボットの先端位置 $P_{31} \sim P_{35}$ 、第2姿勢に第1染色体～第5染色体を適用して得た適応度 $V_{21} \sim V_{25}$ 、第3姿勢に第1染色体～第5染色体を適用して得た適応度 $V_{31} \sim V_{35}$ を得る。

【0038】ここで、

【0039】

【数1】

$$V_i = \sum_{k=1}^3 V_{ki} \quad i: \text{染色体番号}$$

(例: $V_1 = V_{11} + V_{21} + V_{31}$)

【0040】とすると、図9に示すように、各染色体 $g_1 \sim g_5$ の適応度が V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 及び V_5 として求まる。この段階で親の染色体集団が生成される。

【0041】そして、前記のようにして求めた適応度 $V_1 \sim V_5$ に基づいて遺伝的アルゴリズムにおける交配と突然変異の処理並びに基準値との比較処理が行われる。

【0042】具体的には、図6のステップS103において、図10に示すように、現在の5つの染色体 $g_1 \sim g_5$ を適応度の大きい順に並べ替える。そのうちのいくつかの染色体を交配して新たな染色体(子の染色体)を生成する。親の染色体を交配させる際に突然変異と再生を適用する。

【0043】次に、ステップS104において、新たな染色体の入る場所を空けるために親の染色体集団(単に集団という。)の一部を削除する。次に、ステップS105において、新たな染色体を評価し、集団に挿入する。次に、ステップS106において、最新世代の染色体の評価値が基準値以上であるかどうかを判別する。この判別は、具体的には、以下のような評価方法の1つあるいは2つ以上の組み合わせを採用することができる。

(1) 位置ずれの平均値が許容誤差以下にする染色体が見つかったかどうか。

(2) 各位置ずれのうち、最悪値が規定値以下かどうか。

(3) 所定の回数や時間が経過したかどうか。

【0044】前記ステップS106において否定判別がなされた場合は、前記ステップS103に戻って該ステップS103以降の処理を行う。即ち、再びステップS103において、前回とは別の交配が行われて新たな染色体が生成され、次のステップS104において、その新たな染色体の入る場所を空けるために集団の一部が削除され、次のステップS105において、その新たな染色体が評価されて集団に挿入される。

【0045】そして、ステップS106において肯定判別がなされるまで、前記一連の処理が繰り返されることになる。従って、ステップS106において肯定判別がなされた場合、最新世代の染色体が保持されて、この補

正量の探索処理が終了する。

【0046】次に、図3のステップS4において、前記探索された染色体のうち、最良の染色体を補正量とする。

【0047】次に、ステップS5において、前記補正量をティーチングデータやロボットコントローラの各種パラメータに反映させる。

【0048】次に、ステップS6において、オフラインティーチング装置14で作成した実物ロボット16に作業させるためのティーチングデータを実物ロボット16のロボットコントローラ18にダウンロードする。このダウンロードは、例えば、オフラインティーチング装置14に接続されているFDD20を介して前記多点多姿勢のティーチングデータをフレキシブルディスク22に記録し、次に、該フレキシブルディスク22に記録されている前記多点多姿勢のティーチングデータをロボットコントローラ18に接続されているFDD24を介して該ロボットコントローラ18に読み込ませることにより行われる。

【0049】前記の例では、フレキシブルディスク22を用いた場合を示したが、その他、MOやCD-R等の光ディスクをダウンロードの媒体として用いることもでき、また、オフラインティーチング装置14とロボットコントローラ18とがLANで接続されているのであれば、LANを通じてダウンロードさせるようにしてもよい。

【0050】次に、ステップS7において、ロボットコントローラ18による制御によって実物ロボット16を作動させ、TCPを数点の目標点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 及び P_5 に向かって移動させる。ティーチングデータから割り出される前記目標点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 及び P_5 の位置を作業点として定義した場合、このステップS7では、作業点と実際の目標点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 及び P_5 との位置合わせを行う。

【0051】ロボットコントローラ18にダウンロードされた多点多姿勢のティーチングデータは、論理ロボットモデルを用いて実物ロボット16に限りなく近づけた高精度のティーチングデータであるため、前記ステップS7での位置合わせでは、ほとんど姿勢を変えないで行うことができる。

【0052】前記探索によって得た補正量がオフラインティーチング装置14上の論理ロボットモデルに反映される。

【0053】その結果、同一の実物ロボット16に対して別の動作(操作)を行わせる必要が生じた場合に、その動作(操作)を行うための教示プログラムを前記論理ロボットモデルを使って簡単に、かつ高精度に作成することが可能となる。

【0054】このように、本実施の形態に係るオフラインティーチングシステム10においては、補正量の推定

処理（ステップ S 3）を遺伝的アルゴリズムを用いた探索にて行うようにしているため、ロボットの形態毎に複雑な方程式を立てなくても補正量を求めることができ、補正量の推定モデル作成過程の工数の削減化を図ることができる。また、オフラインティーチングデータを実物ロボットにダウンロードした際に、位置ずれを小さくすることができることから、現場での修正の作業工数を大幅に削減させることができる。

【0055】前記補正量推定ステップは、前記遺伝的アルゴリズムのみを用いて補正量を探索するようにしたが、その他、前記遺伝的アルゴリズムによる補正量の探索に加えて、他の探索法や解析法を併用して行うようにしてもよい。

【0056】この実施の形態においては、3軸のロボットを想定して補正量の推定処理（遺伝的アルゴリズムによる補正量の探索）を行うようにしたが、3軸以外のロボットにも簡単に適用させることができる。

【0057】また、この実施の形態では、溶接ガンのロボットのオフラインティーチングシステム 10 に適用した例を示したが、その他、各種生産用ロボットにも適用させることができる。

【0058】なお、この発明に係るオフラインティーチング方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0059】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るオフラインティーチング方法によれば、オフラインティーチング装置における設計値に基づいた論理ロボットモデルと現場に設置された実物ロボットの動作上の違いを補正量として求める補正量推定ステップと、前記補正量推定ステップで求めた補正量を少なくともティーチングデータに反映させる修正ステップとを含み、前記補正量推定ステップにおいて、前記補正量を遺伝的アルゴリズムを適用した探索によって求めるようにしている。

【0060】このため、ロボットの形態毎に複雑な方程式を立てなくても補正量を求めることができ、補正量の推定モデル作成過程の工数の削減化を図ることができる。また、オフラインティーチングデータを実物ロボッ

トにダウンロードした際に、位置ずれを小さくすることができることから、現場での修正の作業工数を大幅に削減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施の形態に係るオフラインティーチングシステムを示す構成図である。

【図 2】本実施の形態に係るオフラインティーチングシステムにおけるオフラインティーチング装置の構成を示すブロック図である。

10 【図 3】本実施の形態に係るオフラインティーチングシステムの動作を示すフローチャートである。

【図 4】本実施の形態に係るオフラインティーチングシステムにおいて行われる補正量の探索（遺伝的アルゴリズムによる探索）を説明するための 3 軸のロボットを示すモデル図である。

【図 5】図 4 に示すロボットに対し、空間内の任意の固定点に 3 姿勢を教示する場合の一例を示す説明図である。

【図 6】本実施の形態に係るオフラインティーチングシステムにおいて行われる補正量の探索（遺伝的アルゴリズムによる探索）の手順を示すフローチャートである。

【図 7】ロボットに対して行った 3 姿勢（POS1、POS2 及び POS3）と第 i 関節（第 i 軸）の角度との関係を示す図表である。

【図 8】ロボットを任意の固定点に 3 姿勢を教示することによって初期段階に生成される 5 本の染色体の構造を示す表図である。

【図 9】初期段階に生成された 5 本の染色体とそれらに対応する適応度を示す表図である。

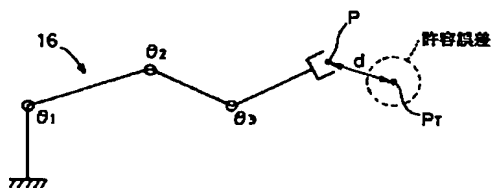
30 【図 10】遺伝的アルゴリズムによる探索処理のうち、ステップ S 103～ステップ S 106 において示される交配と突然変異の処理並びに基準値との比較処理を示す概念図である。

【符号の説明】

10…オフラインティーチングシステム 12…モニタ
14…オフラインティーチング装置 16…実物ロボット
18…ロボットコントローラ 22…フレキシブルディスク

【図 4】

FIG. 4



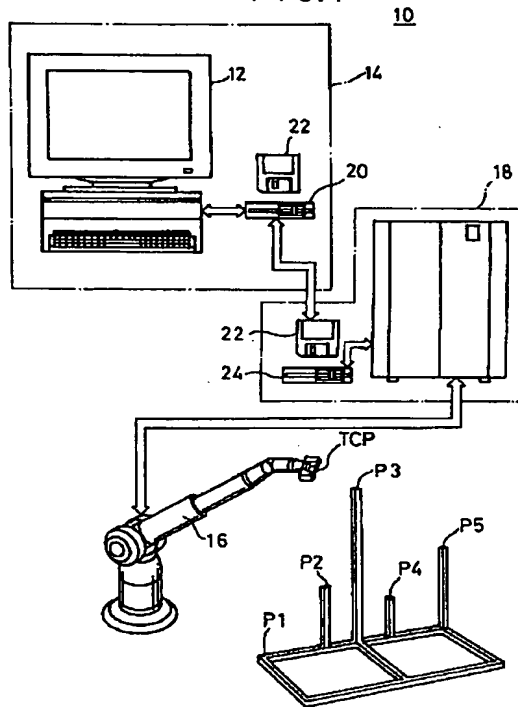
【図 7】

FIG. 7

姿勢	関節角度(検出器による)		
	1軸	2軸	3軸
POS1	θ_{11}	θ_{12}	θ_{13}
POS2	θ_{21}	θ_{22}	θ_{23}
POS3	θ_{31}	θ_{32}	θ_{33}

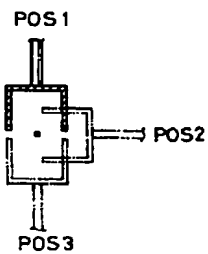
【図 1】

FIG. 1



【図 5】

FIG. 5



【図 8】

FIG. 8

染色体	遺伝子		
G1	E11	E12	E13
G2	E21	E22	E23
G3	E31	E32	E33
G4	E41	E42	E43
G5	E51	E52	E53

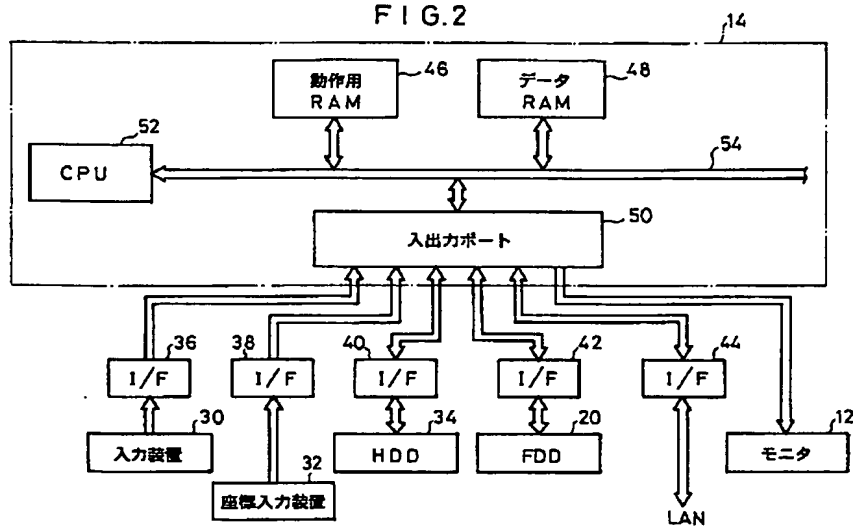
【図 9】

FIG. 9

染色体	適応度
G1	V1
G2	V2
G3	V3
G4	V4
G5	V5

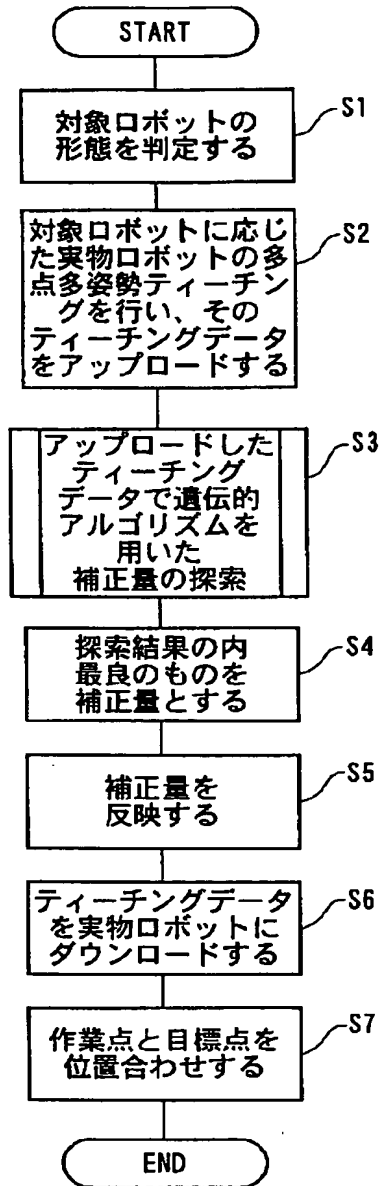
【図 2】

FIG. 2



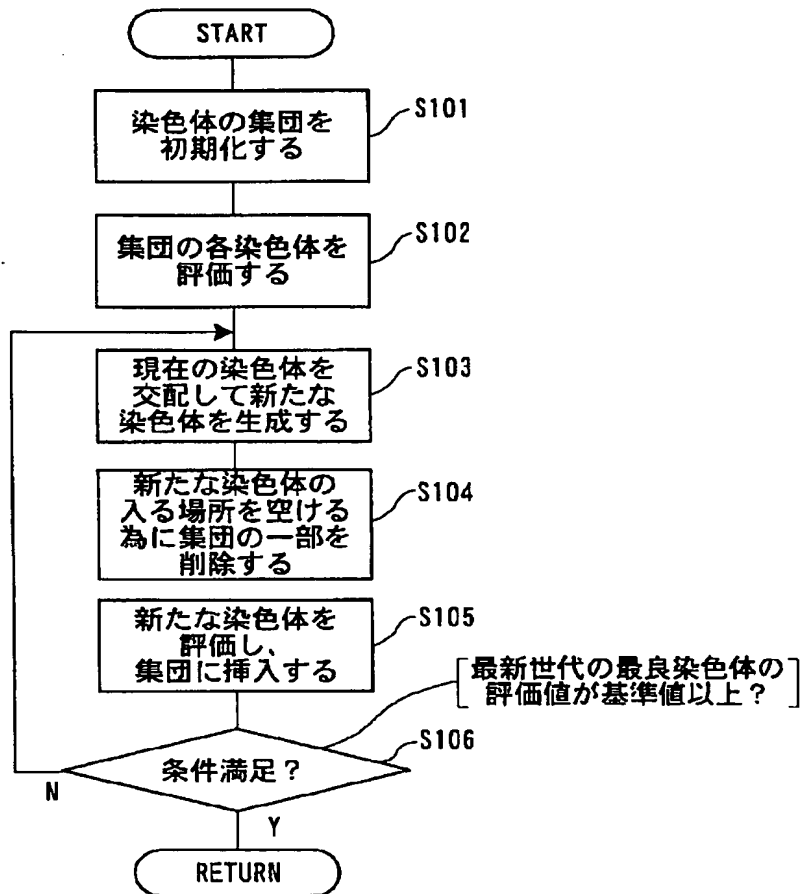
【図 3】

FIG. 3



【図 6】

FIG. 6



【図 10】

FIG. 10

